

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-67418

(P2000-67418A)

(43) 公開日 平成12年3月3日 (2000.3.3)

(51) Int.Cl.
G 1 1 B 5/39

識別記号

F I
G 1 1 B 5/39

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数36 O L (全 11 頁)

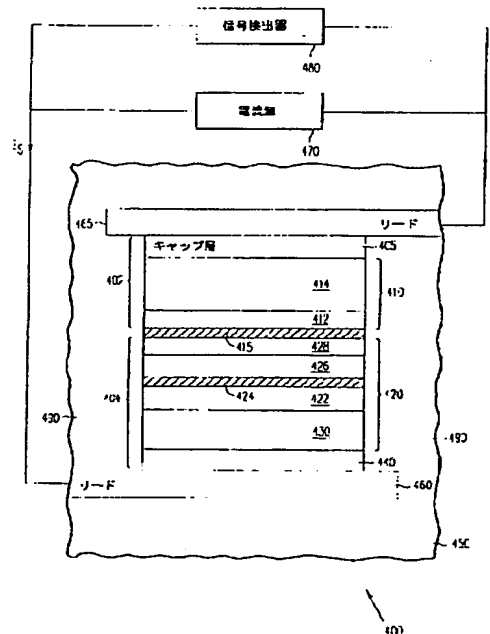
(21) 出願番号	特願平11-227028	(71) 出願人	390009531 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州 アーモンク (番地なし)
(22) 出願日	平成11年8月11日 (1999.8.11)	(72) 発明者	ハルダヤル・シン・ギル アメリカ合衆国94028 カリフォルニア州 ポートラ・バレー グローブ・ドライブ 10
(31) 優先権主張番号	09/138120	(74) 代理人	100086243 弁理士 坂口 博 (外1名)
(32) 優先日	平成10年8月21日 (1998.8.21)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 磁気トンネル接合センサ用の低モーメント/高飽和保磁力ピン層

(57) 【要約】

【課題】 高飽和保磁力磁性体を使用して逆平行 (A P) ピン M T J センサの磁化方向を固定する、改良型の磁気抵抗トンネル接合 (M T J) センサを提供すること。

【解決手段】 磁気トンネル接合 (M T J) 装置は、磁気ディスク・ドライブ内の磁界センサとして、または磁気ランダム・アクセス (M R A M) アレイ内のメモリ・セルとして使用可能である。この M T J 装置は、第1の強磁性層、第2の強磁性層、および第1の強磁性層と第2の強磁性層の間に配置された逆平行結合 (A P C) 層を含む強磁性逆平行 (A P) ピン層と；強磁性フリー層と；A P ピン層の第1の強磁性層と強磁性フリー層の間に配置された絶縁トンネル障壁層とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 逆平行（AP）ピン層と、

強磁性体のフリー層と、

トンネル障壁層とを含み、

前記逆平行（AP）ピン層が、

第1の飽和保磁力を有する磁性体から作られた第1の強磁性層と、

前記第1の飽和保磁力よりも大きな絶対値の第2の飽和保磁力を有する磁性体から作られ、前記APピン層の磁化方向を固定する第2の強磁性層と、

前記第1の強磁性層と前記第2の強磁性層の間に配置された逆平行結合（APC）層とを含み、

前記トンネル障壁層が、前記第1の強磁性層と前記フリー層の間に配置される、磁気トンネル接合（MTJ）センサ。

【請求項2】 前記第1の強磁性層が $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ から作られ、前記第2の強磁性層が $\text{Co}_{100-x}\text{Pt}_{12}\text{Cr}_8$ から作られる、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項3】 前記第2の強磁性層の厚さが、前記第1の強磁性層の厚さの2倍である、請求項2に記載のMTJセンサ。

【請求項4】 前記第1の強磁性層が Co_aFe_b から作られ、上式で、 $20\% \leq a \leq 50\%$ 、 $50\% \leq b \leq 80\%$ 、 $a+b=100\%$ である、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項5】 前記第2の強磁性層が $\text{Co}_x\text{Pt}_y\text{Cr}_z$ から作られ、上式で、 $68\% \leq x \leq 88\%$ 、 $8\% \leq y \leq 16\%$ 、 $4\% \leq z \leq 16\%$ 、 $x+y+z=100\%$ である、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項6】 前記第2の強磁性層が、 Co-Ni 、 Co-Pt 、 Co-Sm を含む材料のグループから選択される、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項7】 前記第2の強磁性層の前記第2の飽和保磁力が 1500e よりも大きい、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項8】 逆平行（AP）ピン層と、

フリー層と、

トンネル障壁層とを含み、

前記逆平行（AP）ピン層が、

第1の飽和保磁力を有する磁性体から作られた第1の強磁性層と、

前記第1の強磁性層と接触する強磁性体の第1のインタフェース層と、

前記第1の飽和保磁力よりも大きな絶対値の第2の飽和保磁力を有する磁性体から作られ、前記APピン層の磁化方向を固定する第2の強磁性層と、

前記第2の強磁性層と接触する強磁性体の第2のインタフェース層と、

前記第1のインタフェース層と前記第2のインタフェース層の間に配置された逆平行結合（APC）層とを含

み、

前記フリー層が、

強磁性体の第1の副層と、

前記第1の副層と接触する強磁性体の第2の副層とを含み、

前記トンネル障壁層が、前記第1の強磁性層と前記フリー層の前記第1の副層の間に配置される、磁気トンネル接合（MTJ）センサ。

【請求項9】 前記第1の強磁性層が $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ から作られ、前記第2の強磁性層が $\text{Co}_{100-x}\text{Pt}_{12}\text{Cr}_8$ から作られる、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項10】 前記第2の強磁性層の厚さが、前記第1の強磁性層の厚さの2倍である、請求項9に記載のMTJセンサ。

【請求項11】 前記第1の強磁性層が Co_aFe_b から作られ、上式で、 $20\% \leq a \leq 50\%$ 、 $50\% \leq b \leq 80\%$ 、 $a+b=100\%$ である、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項12】 前記第2の強磁性層が $\text{Co}_x\text{Pt}_y\text{Cr}_z$ から作られ、上式で、 $68\% \leq x \leq 88\%$ 、 $8\% \leq y \leq 16\%$ 、 $4\% \leq z \leq 16\%$ 、 $x+y+z=100\%$ である、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項13】 前記第2の強磁性層が、 Co-Ni 、 Co-Pt 、 Co-Sm を含む材料のグループから選択される、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項14】 前記第1および第2のインタフェース層がコバルトから作られる、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項15】 前記第1の副層が $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ から作られる、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項16】 前記第2の副層が Ni-Fe （パーマロイ）から作られる、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項17】 前記APC層が、ルテニウム、インジウム、およびロジウムからなる材料のグループから選択される、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項18】 前記トンネル障壁層が Al_2O_3 から作られる、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項19】 前記第2の強磁性層の前記第2の飽和保磁力が 1500e よりも大きい、請求項8に記載のMTJセンサ。

【請求項20】 磁気記録ディスクと、前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータをセンシングする磁気トンネル接合（MTJ）磁気抵抗センサと、

前記MTJセンサが前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータの様々な領域にアクセスできるように、前記磁気記録ディスクを横切って前記MTJセンサを移動させるアクチュエータと、

前記MTJセンサに電気的に結合された記録チャネルとを含み、

前記 M T J センサが、
逆平行 (A P) ビン層と、
強磁性体のフリー層と、
トンネル障壁層とを含み、
前記逆平行 (A P) ビン層が、
第 1 の飽和保磁力を有する磁性体から作られた第 1 の強磁性層と、
前記第 1 の飽和保磁力よりも大きな絶対値の第 2 の飽和保磁力を有する磁性体から作られ、前記 A P ビン層の磁化方向を固定する第 2 の強磁性層と、
前記第 1 の強磁性層と前記第 2 の強磁性層の間に配置された逆平行結合 (A P C) 層とを含み、
前記トンネル障壁層が、前記第 1 の強磁性層と前記フリー層の間に配置され、
前記記録チャンネルが、前記磁気的に記録されたデータからの磁界に応答した、前記ピン層の固定された磁化に対する前記強磁性フリー層の磁化軸の相対的な回転によって生じる M T J センサの抵抗の変化を検出する、ディスク・ドライブ・システム。

【請求項 21】前記第 1 の強磁性層が $\text{Co}_{30}-\text{Fe}_{70}$ から作られ、前記第 2 の強磁性層が $\text{Co}_{80}-\text{Pt}_{12}-\text{Cr}_8$ から作られる、請求項 20 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 22】前記第 2 の強磁性層の厚さが、前記第 1 の強磁性層の厚さの 2 倍である、請求項 21 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 23】前記第 1 の強磁性層が Co_a-Fe_b から作られ、上式で、 $20\% \leq a \leq 50\%$ 、 $50\% \leq b \leq 80\%$ 、 $a+b=100\%$ である、請求項 20 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 24】前記第 2 の強磁性層が $\text{Co}_x-\text{Pt}_y-\text{Cr}_z$ から作られ、上式で、 $68\% \leq x \leq 88\%$ 、 $8\% \leq y \leq 16\%$ 、 $4\% \leq z \leq 16\%$ 、 $x+y+z=100\%$ である、請求項 20 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 25】前記第 2 の強磁性層が、 $\text{Co}-\text{Ni}$ 、 $\text{Co}-\text{Pt}$ 、 $\text{Co}-\text{Sm}$ を含む材料のグループから選択される、請求項 20 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 26】前記第 2 の強磁性層の前記第 2 の飽和保磁力が 1500e よりも大きい、請求項 20 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 27】磁気記録ディスクと、
前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータをセンスする磁気トンネル接合 (M T J) 磁気抵抗センサと、

前記 M T J センサが前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータの様々な領域にアクセスできるように、前記磁気記録ディスクを横切って前記 M T J センサを移動させるアクチュエータと、

前記 M T J センサに電氣的に結合された記録チャンネルとを含み、

前記 M T J センサが、
逆平行 (A P) ビン層と、
フリー層と、
トンネル障壁層とを含み、
前記逆平行 (A P) ビン層が、
第 1 の飽和保磁力を有する磁性体から作られた第 1 の強磁性層と、

10 前記第 1 の強磁性層と接触する強磁性体の第 1 のインタフェース層と、

前記第 1 の飽和保磁力よりも大きな絶対値の第 2 の飽和保磁力を有する磁性体から作られ、前記 A P ビン層の磁化方向を固定する第 2 の強磁性層と、

前記第 2 の強磁性層と接触する強磁性体の第 2 のインタフェース層と、

前記第 1 のインタフェース層と前記第 2 のインタフェース層の間に配置された逆平行結合 (A P C) 層とを含み、

20 前記フリー層が、
強磁性体の第 1 の副層と、
前記第 1 の副層と接触する強磁性体の第 2 の副層とを含み、

前記トンネル障壁層が、前記第 1 の強磁性層と前記フリー層の前記第 1 の副層の間に配置され、

前記記録チャンネルが、前記磁気的に記録されたデータからの磁界に応答した、前記ピン層の固定された磁化に対する前記強磁性フリー層の磁化軸の相対的な回転によって生じる M T J センサの抵抗の変化を検出する、ディスク・ドライブ・システム。

30 【請求項 28】前記第 1 の強磁性層が $\text{Co}_{30}-\text{Fe}_{70}$ から作られ、前記第 2 の強磁性層が $\text{Co}_{80}-\text{Pt}_{12}-\text{Cr}_8$ から作られる、請求項 27 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 29】前記第 2 の強磁性層の厚さが、前記第 1 の強磁性層の厚さの 2 倍である、請求項 28 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 30】前記第 1 の強磁性層が Co_a-Fe_b から作られ、上式で、 $20\% \leq a \leq 50\%$ 、 $50\% \leq b \leq 80\%$ 、 $a+b=100\%$ である、請求項 27 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 31】前記第 2 の強磁性層が $\text{Co}_x-\text{Pt}_y-\text{Cr}_z$ から作られ、上式で、 $68\% \leq x \leq 88\%$ 、 $8\% \leq y \leq 16\%$ 、 $4\% \leq z \leq 16\%$ 、 $x+y+z=100\%$ である、請求項 27 に記載のディスク・ドライブ・システム。

40 【請求項 32】前記第 2 の強磁性体が、 $\text{Co}-\text{Ni}$ 、 $\text{Co}-\text{Pt}$ 、 $\text{Co}-\text{Sm}$ を含む材料のグループから選択される、請求項 27 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項33】前記第1および第2のインタフェース層がコバルトから作られる、請求項27に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項34】前記第1の副層が $\text{Co}_{90}\text{-Fe}_{10}$ から作られる、請求項27に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項35】前記第2の副層が Ni-Fe （パーマロイ）から作られる、請求項27に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項36】前記第2の強磁性層の前記第2の飽和保磁力が 1500e よりも大きい、請求項27に記載のディスク・ドライブ・システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般に、磁気媒体から情報信号を読み取るための磁気トンネル接合磁気抵抗センサ、特に、低モーメント、高飽和保磁力のピン層を有する磁気トンネル接合センサ、および該センサを組み込んだ磁気記憶システムに関する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータはしばしば、後で使用するデータを書き込み読み取ることができる媒体を有する補助記憶装置を含んでいる。ディスク表面に磁気形でデータを記憶する、回転磁気ディスクを組み込んだ直接アクセス記憶装置（ディスク・ドライブ）が一般に使用されている。データは、径方向に間隔を置いてディスク表面に配置された同心のトラックに記録される。次いで、読取りセンサを含む磁気ヘッドを使用して、ディスク表面のトラックからデータを読み取る。

【0003】磁気抵抗（MR）読取りセンサは、MRセンサと一般に呼ばれ、薄膜誘導ヘッドの場合よりも大きなトラック密度及び線密度のディスク表面からデータを読み取ることができるため、高容量のディスク・ドライブでは、主流の読取りセンサとなっている。MRセンサは、それ自体のMRセンシング層（「MR素子」とも呼ばれる）がセンスする磁束の強度および方向の関数であるMR層の抵抗の変化を通して磁界を検出する。

【0004】従来のMRセンサは、MR素子の抵抗が、MR素子の磁化とMR素子を流れるセンス電流の向きとの間の角度の余弦の2乗として変化する異方性磁気抵抗（AMR）効果に基づいて動作する。記録されたデータを磁気媒体から読み取ることができるのは、記録された磁気媒体からの外部磁界（信号磁界）が、MR素子の磁化の方向の変化を引き起こし、この磁化の方向の変化が、MR素子の抵抗の変化、およびこれに対応するセンス電流または電圧の変化を引き起こすからである。

【0005】他の種類のMRセンサに、巨大磁気抵抗（GMR）効果を示すGMRセンサがある。GMRセンサでは、MRセンシング層の抵抗が、非磁性層（スペーサ）によって分離された磁性層間の伝導電子のスピン依

存伝送、および、これに付随して、磁性層と非磁性層との界面および磁性層の内部に生じるスピン依存散乱の関数として変化する。

【0006】非磁性体（例えば銅）の層で分離された強磁性体（例えば Ni-Fe ）の層2層のみを使用するGMRセンサは一般に、スピン・バルブ（SV）センサと呼ばれ、SV効果を示す。

【0007】図1に、中央領域102で分離された端領域104および106を含む、従来技術のSVセンサ100を示す。ピン層120と呼ばれる第1の強磁性層は、一般に反強磁性（AFM）層125との交換結合によって固定された（自由に動けなくされた）磁化を有する。フリー層110と呼ばれる第2の強磁性層の磁化は固定されておらず、記録された磁気媒体からの磁界（信号磁界）にตอบสนองして自由に回転することができる。フリー層110は、導電性の非磁性スペーサ層115でピン層120から分離される。端領域104および106に形成されたそれぞれの硬質（ハード）バイアス層130および135は、フリー層110に対して縦方向のバイアスをかける。硬質バイアス層130および135の上にそれぞれ形成されたリード140および145は、SVセンサ100の抵抗をセンスするための電気接続を提供する。参照によって本明細書に組み込まれる、ディーニ（Dieny）他に与えられたIBM社の米国特許第5206590号には、SV効果に基づいて動作するGMRセンサが開示されている。

【0008】磁気トンネル接合（MTJ）装置は、現在開発中の他の種類の磁気装置である。MTJ装置は、メモリ・セルおよび磁界センサとしての潜在的な用途を有する。MTJ装置は、薄い電気絶縁トンネル障壁層で分離された2層の強磁性層を含む。このトンネル障壁層は十分に薄く、これらの強磁性層間に、電荷担体の量子力学的トンネル伝送が生じる。このトンネル伝送プロセスは電子スピンの依存する。これは、接合を横切るトンネル電流が、強磁性体のスピン依存的な電子特性によって決まり、2層の強磁性層の磁気モーメントの相対的な方向、すなわち磁化方向の関数であることを意味する。MTJセンサでは、一方の強磁性層の磁気モーメントが固定、すなわち自由に動けなくされており、他方の強磁性層の磁気モーメントが、記録媒体からの外部磁界（信号磁界）にตอบสนองして自由に回転する。この2層の強磁性層間に電位を与えたとき、センサの抵抗は、強磁性層の間の絶縁層を横切るトンネル電流の関数となる。トンネル障壁層を通り抜けて垂直に流れるトンネル電流は、2層の強磁性層の相対的な磁化方向によって決まるため、記録されたデータを磁気媒体から読み取ることができる。これは、信号磁界が、フリー層の磁化方向の変化を引き起こし、この磁化方向の変化が、MTJセンサの抵抗の変化、およびこれに対応するセンス電流または電圧の変化を引き起こすからである。参照によってその全体が本

明細書に組み込まれる、ガラハー (Gallagher) 他に与えられたIBM社の米国特許第5650958号には、磁気トンネル接合効果に基づいて動作するMTJセンサが開示されている。

【0009】図2に、第1の電極204、第2の電極202、およびトンネル障壁215を備える従来技術のMTJセンサ200を示す。第1の電極204は、ピン層(強磁性ピン層)220、反強磁性(AFM)層230、およびシード層240を含む。ピン層220の磁化は、AFM層230との交換結合によって固定されている。第2の電極202は、フリー層(強磁性フリー層)210およびキャップ層205を含む。フリー層210は、非磁性電気絶縁トンネル障壁層215でピン層220から分離される。外部磁界がない場合、フリー層210の磁化の方向は矢印212で示した向きであり、すなわち矢印222(矢印の尾部が紙面を指す)で示したピン層220の磁化方向とは一般に垂直である。第1の電極204および第2の電極202に接触してそれぞれ形成された第1のリード260および第2のリード265は、電流源270からMTJセンサ200へセンシング電流 I_s を流すための電気接続を提供する。第1および第2のリード260および265に接続された信号検出器280は、部分応答最尤(PRML)チャネルなどの記録チャネルを一般に含み、外部磁界によってフリー層210内に誘導された変化に起因する抵抗の変化をセンスする。

【0010】ピン層に交換結合させた反強磁性(AFM)層を使用することによって、MTJセンサのピン層の磁化方向を固定(自由に動けなく)することができる。ピン層の磁化を固定するのにAFM層を使用する利点は、ピン層とフリー層との静磁氣的相互作用が小さくなり、フリー層の磁氣的柔軟性が保てることである。交換結合させたAFM層を使用することの欠点は、この反強磁性体のブロッキング温度が比較的低いときにこの交換結合がゼロになることである。望ましい高い耐食性を有する反強磁性体のブロッキング温度は約200℃である。このような低いブロッキング温度の場合、これらの反強磁性体は、多くのMRセンサの120℃の範囲内の動作温度で2000e未満の絶対値を有するピン磁界を有する。このようにピン磁界が低い結果、高温で動作するMRセンサの耐熱性が不十分になる。

【0011】高飽和保磁力(硬質)磁性体をピン層に使用することによって、耐熱性を大幅に向上させることができる。このような材料を用いると、高いピン磁界が、約700℃にもなるキュリー温度近くまで維持される。しかし、高飽和保磁力材料のピン層は、フリー層と静磁氣的に結合し、その結果、フリー層は、外部磁界に対する感度が低下したより硬磁性のものとなる。

【0012】したがって、耐熱性を向上させるための高飽和保磁力ピン層を使用しながらも、ピン層とフリー層

の静磁氣的な相互作用によるセンサ感度の低下がみられないMTJセンサが求められている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、高飽和保磁力磁性体を使用して逆平行(AP)ピンMTJセンサの磁化方向を固定する、改良型の磁気抵抗トンネル接合(MTJ)センサを開示することにある。

【0014】本発明の他の目的は、高飽和保磁力磁性体を使用して、ピン層の磁化方向を固定すること起因する高い耐熱性を有するMTJセンサ構造を開示することにある。

【0015】本発明の他の目的は、高飽和保磁力ピン層とフリー層の静磁氣的結合が低減したMTJセンサ構造を開示することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の原理によれば、パーマロイの磁化(約800emu/cc)よりも大きな飽和磁化を有する材料から作られた第1の強磁性層と、高飽和保磁力の強磁性体から作られた第2の強磁性層(本明細書では高飽和保磁力を、1500eを超える飽和保磁力と定義する)と、第1の強磁性層と第2の強磁性層の間に配置された逆平行結合(APC)層とを含む積層逆平行(AP)ピン層を有するMTJセンサを開示する。ほぼゼロの磁気ひずみ係数を有する軟質強磁性体製のインタフェースする第1の副層および第2の副層を含む強磁性フリー層は、絶縁体から形成され、フリー層の第1の副層に隣接したトンネル障壁層でAPピン層の第1の強磁性層から分離される。APピン層の第1の強磁性層と第2の強磁性層とを分離するAPC層が、強い逆平行結合を促し、その結果、高飽和保磁力の第2の強磁性層の磁化が、第1の強磁性層の磁化を逆平行に固定する。

【0017】本発明の好ましい実施形態では、正味の磁気モーメントがほぼゼロであるAPピン層構造を提供することによって、APピン層とフリー層の静磁氣的な相互作用が最小限に抑えられる。APピン層を形成するそれぞれの層の厚さは、第1の強磁性層の磁気モーメントの絶対値と第2の強磁性層の磁気モーメントの絶対値がほぼ等しくなるように選択する。第1の強磁性層と第2の強磁性層は、これらの層の間にあるAPC層のためにその磁化の向きが逆平行であるため、APピン層の正味のモーメントはほぼゼロである。このようにして、APピン層とフリー層の静磁氣的な相互作用を最小限に抑えることによって、フリー層の磁化は、加えられた磁界に応答して自由に回転することができ、その結果、高感度のMTJセンサが得られる。

【0018】本発明の前記および追加の目的、特徴および利点は、以下の詳細な記述の中で明らかとなる。

【0019】

【発明の実施の形態】次に図3を参照する。同図に、本

発明を実施したディスク・ドライブ300を示した。図3に示すとおり、少なくとも1枚の回転可能な磁気ディスク312が、スピンドル314上に支持され、ディスク・ドライブ・モータ318によって回転する。それぞれのディスク上の磁気記録媒体は、ディスク312上の同心のデータ・トラック（図示せず）の環状パターンの形態をとる。

【0020】本発明のMTJセンサを組み込んだ1つまたは複数の磁気読取り／書き込みヘッド321をそれぞれ支持する少なくとも1つのスライダ313が、ディスク312の上に置かれる。ディスクが回転すると、スライダ313が、ディスク表面322の上で径方向内側および外側に移動して、ヘッド321が、所望のデータが記録されているディスクの異なる部分にアクセスできるようになる。各スライダ313は、サスペンション315によってアクチュエータ・アーム319に取り付けられる。サスペンション315は、ディスク表面322にスライダ313を押しつけるごく小さなばね力を与える。各アクチュエータ・アーム319はアクチュエータ327に取り付けられる。図3に示すようにアクチュエータを、ボイス・コイル・モータ（VCM）とすることができ、VCMは、固定磁界中で可動のコイルを備え、このコイルの運動の方向および速度は、制御装置329が供給するモータ電流信号によって制御される。

【0021】このディスク記憶システムの動作中、ディスク312の回転によって、スライダ313（ヘッド321を含み、ディスク312の表面と向き合うスライダ313の表面をエア・ベアリング面（ABS）と呼ぶ）とディスク表面322の間にエア・ベアリングが生じ、スライダに上向きの力、すなわち揚力を加える。その結果、このエア・ベアリングが、サスペンション315のごく小さなばね力と釣り合い、正常動作時にはスライダ313を、ディスク表面のわずかに上方に、実質的に一定な小さな間隔をあけて支持する。

【0022】ディスク記憶システムのさまざまな構成部品は、動作時、制御装置329が生成する、アクセス制御信号、内部クロック信号などの制御信号によって制御される。制御装置329は一般に、論理制御回路、記憶チップ、およびマイクロプロセッサを含む。制御装置329は、さまざまなシステム動作を制御するために、線323上のドライブ・モータ制御信号、線328上のヘッド位置およびシーク制御信号などの制御信号を生成する。線328上の制御信号は、ディスク312上の所望のデータ・トラックにスライダ313を最適に移動させ、位置決めするための所望の電流プロファイルを提供する。読取り／書き込み信号は、記録チャネル325によって読取り／書き込みヘッド321との間でやり取りされる。

【0023】一般的な磁気ディスク記憶システムの前記説明および図3の添付図面は、例示のみを目的としたも

のである。ディスク記憶システムが、多数のディスクおよびアクチュエータを含むことができ、それぞれのアクチュエータが、複数のスライダを支持できることは明白である。

【0024】図4に、本発明の好ましい実施形態に基づくMTJセンサ400のエア・ベアリング面（ABS）を示す。MTJセンサ400は、第1の電極404と、第2の電極402と、第1の電極404と第2の電極402の間に配置されたトンネル障壁層415を含む。第1の電極404は、積層APピン層420とシード層440を含み、積層APピン層420は、シード層440とトンネル障壁層415の間に配置される。第2の電極402は、フリー層410とキャップ層405を含み、フリー層410は、キャップ層405とトンネル障壁層415の間に配置される。

【0025】積層APピン層420は、隣接する第1のインタフェース層426を有する第1の強磁性層428と、隣接する第2のインタフェース層422を有する第2の強磁性層430と、第1のインタフェース層426と第2のインタフェース層422の間に配置され、第1の強磁性層428と第2の強磁性層430の間に逆平行結合（APC）を提供するAPC層424とを含むAP結合された多層構造である。別法として、第1のインタフェース層426および第2のインタフェース層422を使用しなくてもよい。第1の強磁性層428は、第1の飽和保磁力を有する材料から形成され、第2の強磁性層430は、第1の飽和保磁力よりも大きい第2の飽和保磁力を有する材料から形成される。第2の強磁性層430は、APピン層420の磁化方向をABSと垂直に固定（自由に動けなく）するピン磁界を提供する高い飽和保磁力（1500e超）を有する。シード層440は、後続の層の結晶テクスチャまたは粒子サイズを変更するために付着された層であり、必要でない場合もある。

【0026】フリー層410は、第1の副層412と第2の副層414を含み、第1の副層412は、第2の副層414とトンネル障壁層415の間に配置される。フリー層410の磁化は、ABSに平行な向きになされ、信号磁界の存在下で自由に回転することができる。

【0027】第1の電極404および第2の電極402にそれぞれ隣接したリード層460および465は、電流源470からMTJセンサ400へセンス電流 I_s を流すための電気接続を提供する。リード460、465に電気的に接続された信号検出器480は、信号磁界（例えば、ディスク上に記憶されたデータ・ビットによって生成された磁界）によってフリー層410内に誘導された変化に起因するトンネル電流の変化をセンスする。この外部磁界は、フリー層410の磁化の方向を、ABSに垂直に固定されることが好ましいピン層420の磁化方向に対して相対的に回転させる役割をする。信

号検出器480は、PRMLチャネルなど、当業者に周知のデジタル記録チャネルを含むことが好ましい。信号検出器480はさらに、(センサとチャネルの間に電気的に配置された)前置増幅器など、センスされた抵抗の変化を調整するための当業者に周知のその他の支援回路を含む。

【0028】MTJセンサ400は、図4に示した多層構造を順次付着させるため、マグネトロン・スパッタリングまたはイオン・ビーム・スパッタ・システム中で製作する。このスパッタによる付着は、全ての強磁性層の磁化容易軸の向きを合わせるため、約400eの縦または横方向の磁界の存在下で実施する。厚さ約100~約500Åの金(Au)から形成される下部リード層460を、好ましくはAl₂O₃製の基板450の上に付着させる。厚さ約50ÅのCrから形成されるシード層440をリード460の上に付着させる。第2の強磁性層430、第2のインタフェース層422、APC層424、第1のインタフェース層426、および第1の強磁性層428を含むAPピン層420を、シード層440の上に順次付着させる。

【0029】厚さ約50Åの第2の強磁性層430は、硬質永久磁石の特性をそれに与える高い飽和保磁力を有する強磁性体Co₉₀-Pt₁₀-Cr₁から形成される。第2のインタフェース層422は、厚さ約5Åのコバルト(Co)から形成される。APC層424は、厚さ約6Åのルテニウム(Ru)から形成される。第1のインタフェース層426は厚さ約5ÅのCoから形成され、厚さ約25Åの第1の強磁性層428は、高い磁化を有し、したがって高いトンネル磁気抵抗係数を有することが期待される強磁性体Co₉₀-Fe₁₀から形成される。

【0030】8~20Åのアルミニウム(Al)層を第1の強磁性層428の上に付着させ、その後、プラズマ酸化することによって、Al₂O₃のトンネル障壁層415を形成する。

【0031】第1の副層412と第2の副層414を含むフリー層410をトンネル障壁層415の上に付着させる。第1の副層412は、トンネル障壁層415の上に付着させた厚さ約10ÅのCo₉₀-Fe₁₀から形成される。Co₉₀-Fe₁₀は、ゼロに近い磁気ひずみ係数を有する強磁性体である。第2の副層414は、第1の副層412の上に付着させた厚さ約20ÅのNi-Fe(パーマロイ)から形成される。厚さ約50ÅのTaから形成されるキャップ層405を第2の副層の上に付着させると、MTJセンサ400の能動部分は完成する。

【0032】厚さ100~500Åの金(Au)から形成される上部リード465を、キャップ層405の上に付着させる。下部リード460と上部リード465の間に付着させたAl₂O₃から形成される絶縁層490は、これらのリード間を電気絶縁し、MTJセンサ400を迂回したセンス電流の分流を防ぐ。

【0033】高飽和保磁力の強磁性体を第2の強磁性層430に使用することによって、積層APピン層420の磁化をABSに垂直に固定するピン磁界が得られる。このピン層の磁化を設定するには、MTJセンサを、ABSに垂直な向きの高い磁界(5000~15000Oeの範囲)中に置く。Co₉₀-Pt₁₀-Cr₁の高い飽和保磁力、および500℃程度であるそのキュリー温度の結果、5000eを超えるピン磁界、および約120~約140℃までの範囲の動作温度に対して優れた耐熱性が得られる。

【0034】高飽和保磁力の第2の強磁性層430とフリー層410の静磁気的な結合が、信号磁界に応答したフリー層の磁化の自由な回転を妨げるのを防止するために、積層APピン層420の正味の磁気モーメントを、このAP結合された構造を形成する層の厚さを適当に選択することによって、ほぼゼロにまで低減させなければならない。構造内のそれぞれの強磁性層の磁気モーメントは、層材料の磁化と層厚の積に等しい。APC層424があるため、第1の強磁性層428および第1のインタフェース層426の磁化の方向は、第2の強磁性層430および第2のインタフェース層422の磁化の方向に逆平行であるので、APC層424の両側の全体の磁気モーメントをほぼ等しくすることによって、積層APピン層420の正味の磁気モーメントをほぼゼロにすることができる。

【0035】Co₉₀-Pt₁₀-Cr₁が、第2の強磁性層430の好ましい組成であったが、Co_a-Pt_v-Cr_z、68%≤x≤88%、8%≤v≤16%、4%≤z≤16%、x+v+z=100%で表される組成範囲を使用することもできる。

【0036】また、Co₉₀-Fe₁₀が、第1の強磁性層428の好ましい組成であったが、Co_a-Fe_b、20%≤a≤50%、50%≤b≤80%、a+b=100%で表される組成範囲を使用することもできる。

【0037】トンネル磁気抵抗係数は、フリー層とピン層の磁束密度の積に比例する。したがって、MTJセンサのフリー層およびピン層として適用するには、より高い磁束密度(より高い磁化)の材料が望まれる。好ましい実施形態で第1の強磁性層428に対して使用されるCo₉₀-Fe₁₀材料は、24000ガウスという非常に高い飽和磁束密度を有し、その結果、MTJセンサ400に対して高いトンネル磁気抵抗係数を生じるはずである。

【0038】Co-Ni、Co-Pt、Co-Smなどの第2の強磁性層430の代替材料を使用して、本発明に基づくMTJセンサを製作することもできる。

【0039】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0040】(1) 逆平行(AP)ピン層と、強磁性体のフリー層と、トンネル障壁層とを含み、前記逆平行

(A P) ピン層が、第1の飽和保磁力を有する磁性体から作られた第1の強磁性層と、前記第1の飽和保磁力よりも大きな絶対値の第2の飽和保磁力を有する磁性体から作られ、前記A Pピン層の磁化方向を固定する第2の強磁性層と、前記第1の強磁性層と前記第2の強磁性層の間に配置された逆平行結合(A P C)層とを含み、前記トンネル障壁層が、前記第1の強磁性層と前記フリー層の間に配置される、磁気トンネル接合(M T J)センサ。

(2) 前記第1の強磁性層が $\text{Co}_{50}-\text{Fe}_{50}$ から作られ、前記第2の強磁性層が $\text{Co}_{50}-\text{Pt}_{12}-\text{Cr}_{38}$ から作られる、上記(1)に記載のM T Jセンサ。

(3) 前記第2の強磁性層の厚さが、前記第1の強磁性層の厚さの2倍である、上記(2)に記載のM T Jセンサ。

(4) 前記第1の強磁性層が Co_a-Fe_b から作られ、上式で、 $20\% \leq a \leq 50\%$ 、 $50\% \leq b \leq 80\%$ 、 $a+b=100\%$ である、上記(1)に記載のM T Jセンサ。

(5) 前記第2の強磁性層が $\text{Co}_x-\text{Pt}_y-\text{Cr}_z$ から作られ、上式で、 $68\% \leq x \leq 88\%$ 、 $8\% \leq y \leq 16\%$ 、 $4\% \leq z \leq 16\%$ 、 $x+y+z=100\%$ である、上記(1)に記載のM T Jセンサ。

(6) 前記第2の強磁性層が、 $\text{Co}-\text{Ni}$ 、 $\text{Co}-\text{Pt}$ 、 $\text{Co}-\text{Sm}$ を含む材料のグループから選択される、上記(1)に記載のM T Jセンサ。

(7) 前記第2の強磁性層の前記第2の飽和保磁力が1500eよりも大きい、上記(1)に記載のM T Jセンサ。

(8) 逆平行(A P)ピン層と、フリー層と、トンネル障壁層とを含み、前記逆平行(A P)ピン層が、第1の飽和保磁力を有する磁性体から作られた第1の強磁性層と、前記第1の強磁性層と接触する強磁性体の第1のインタフェース層と、前記第1の飽和保磁力よりも大きな絶対値の第2の飽和保磁力を有する磁性体から作られ、前記A Pピン層の磁化方向を固定する第2の強磁性層と、前記第2の強磁性層と接触する強磁性体の第2のインタフェース層と、前記第1のインタフェース層と前記第2のインタフェース層の間に配置された逆平行結合(A P C)層とを含み、前記フリー層が、強磁性体の第1の副層と、前記第1の副層と接触する強磁性体の第2の副層とを含み、前記トンネル障壁層が、前記第1の強磁性層と前記フリー層の前記第1の副層の間に配置される、磁気トンネル接合(M T J)センサ。

(9) 前記第1の強磁性層が $\text{Co}_{50}-\text{Fe}_{50}$ から作られ、前記第2の強磁性層が $\text{Co}_{50}-\text{Pt}_{12}-\text{Cr}_{38}$ から作られる、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(10) 前記第2の強磁性層の厚さが、前記第1の強磁性層の厚さの2倍である、上記(9)に記載のM T Jセンサ。

(11) 前記第1の強磁性層が Co_a-Fe_b から作られ、上式で、 $20\% \leq a \leq 50\%$ 、 $50\% \leq b \leq 80\%$ 、 $a+b=100\%$ である、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(12) 前記第2の強磁性層が $\text{Co}_x-\text{Pt}_y-\text{Cr}_z$ から作られ、上式で、 $68\% \leq x \leq 88\%$ 、 $8\% \leq y \leq 16\%$ 、 $4\% \leq z \leq 16\%$ 、 $x+y+z=100\%$ である、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(13) 前記第2の強磁性層が、 $\text{Co}-\text{Ni}$ 、 $\text{Co}-\text{Pt}$ 、 $\text{Co}-\text{Sm}$ を含む材料のグループから選択される、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(14) 前記第1および第2のインタフェース層がコバルトから作られる、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(15) 前記第1の副層が $\text{Co}_{50}-\text{Fe}_{50}$ から作られる、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(16) 前記第2の副層が $\text{Ni}-\text{Fe}$ (パーマロイ)から作られる、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(17) 前記A P C層が、ルテニウム、インジウム、およびロジウムからなる材料のグループから選択される、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(18) 前記トンネル障壁層が Al_2O_3 から作られる、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(19) 前記第2の強磁性層の前記第2の飽和保磁力が1500eよりも大きい、上記(8)に記載のM T Jセンサ。

(20) 磁気記録ディスクと、前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータをセンスする磁気トンネル接合(M T J)磁気抵抗センサと、前記M T Jセンサが前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータの様々な領域にアクセスできるように、前記磁気記録ディスクを横切って前記M T Jセンサを移動させるアクチュエータと、前記M T Jセンサに電気的に結合された記録チャネルとを含み、前記M T Jセンサが、逆平行(A P)ピン層と、強磁性体のフリー層と、トンネル障壁層とを含み、前記逆平行(A P)ピン層が、第1の飽和保磁力を有する磁性体から作られた第1の強磁性層と、前記第1の飽和保磁力よりも大きな絶対値の第2の飽和保磁力を有する磁性体から作られ、前記A Pピン層の磁化方向を固定する第2の強磁性層と、前記第1の強磁性層と前記第2の強磁性層の間に配置された逆平行結合(A P C)層とを含み、前記トンネル障壁層が、前記第1の強磁性層と前記フリー層の間に配置され、前記記録チャネルが、前記磁気的に記録されたデータからの磁界に応答した、前記ピン層の固定された磁化に対する前記強磁性フリー層の磁化軸の相対的な回転によって生じるM T Jセンサの抵抗の変化を検出する、ディスク・ドライブ・システム。

(21) 前記第1の強磁性層が $\text{Co}_{50}-\text{Fe}_{50}$ から作られ、前記第2の強磁性層が $\text{Co}_{50}-\text{Pt}_{12}-\text{Cr}_{38}$ から作られる、上記(20)に記載のディスク・ドライブ・

システム。

(22) 前記第2の強磁性層の厚さが、前記第1の強磁性層の厚さの2倍である、上記(21)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(23) 前記第1の強磁性層が $\text{Co}-\text{Fe}$ から作られ、上式で、 $20\% \leq a \leq 50\%$ 、 $50\% \leq b \leq 80\%$ 、 $a+b=100\%$ である、上記(20)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(24) 前記第2の強磁性層が $\text{Co}-\text{Pt}-\text{Cr}$ から作られ、上式で、 $68\% \leq x \leq 88\%$ 、 $8\% \leq y \leq 16\%$ 、 $4\% \leq z \leq 16\%$ 、 $x+y+z=100\%$ である、上記(20)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(25) 前記第2の強磁性層が、 $\text{Co}-\text{Ni}$ 、 $\text{Co}-\text{Pt}$ 、 $\text{Co}-\text{Sm}$ を含む材料のグループから選択される、上記(20)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(26) 前記第2の強磁性層の前記第2の飽和保磁力が 1500e よりも大きい、上記(20)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(27) 磁気記録ディスクと、前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータをセンスする磁気トンネル接合(MTJ)磁気抵抗センサと、前記MTJセンサが前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータの様々な領域にアクセスできるように、前記磁気記録ディスクを横切って前記MTJセンサを移動させるアクチュエータと、前記MTJセンサに電気的に結合された記録チャネルとを含み、前記MTJセンサが、逆平行(AP)ピン層と、フリー層と、トンネル障壁層とを含み、前記逆平行(AP)ピン層が、第1の飽和保磁力を有する磁性体から作られた第1の強磁性層と、前記第1の強磁性層と接触する強磁性体の第1のインタフェース層と、前記第1の飽和保磁力よりも大きな絶対値の第2の飽和保磁力を有する磁性体から作られ、前記APピン層の磁化方向を固定する第2の強磁性層と、前記第2の強磁性層と接触する強磁性体の第2のインタフェース層と、前記第1のインタフェース層と前記第2のインタフェース層の間に配置された逆平行結合(APC)層とを含み、前記フリー層が、強磁性体の第1の副層と、前記第1の副層と接触する強磁性体の第2の副層とを含み、前記トンネル障壁層が、前記第1の強磁性層と前記フリー層の前記第1の副層の間に配置され、前記記録チャネルが、前記磁気的に記録されたデータからの磁界に 응답した、前記ピン層の固定された磁化に対する前記強磁性フリー層の磁化軸の相対的な回転によって生じるMTJセンサの抵抗の変化を検出する、ディスク・ドライブ・システム。

(28) 前記第1の強磁性層が $\text{Co}_{100}-\text{Fe}_{100}$ から作られ、前記第2の強磁性層が $\text{Co}_{100}-\text{Pt}_{100}-\text{Cr}_{100}$ から作られる、上記(27)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(29) 前記第2の強磁性層の厚さが、前記第1の強磁性層の厚さの2倍である、上記(28)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(30) 前記第1の強磁性層が $\text{Co}_{100}-\text{Fe}_{100}$ から作られ、上式で、 $20\% \leq a \leq 50\%$ 、 $50\% \leq b \leq 80\%$ 、 $a+b=100\%$ である、上記(27)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(31) 前記第2の強磁性層が $\text{Co}_{100}-\text{Pt}_{100}-\text{Cr}_{100}$ から作られ、上式で、 $68\% \leq x \leq 88\%$ 、 $8\% \leq y \leq 16\%$ 、 $4\% \leq z \leq 16\%$ 、 $x+y+z=100\%$ である、上記(27)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(32) 前記第2の強磁性層が、 $\text{Co}-\text{Ni}$ 、 $\text{Co}-\text{Pt}$ 、 $\text{Co}-\text{Sm}$ を含む材料のグループから選択される、上記(27)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(33) 前記第1および第2のインタフェース層がコバルトから作られる、上記(27)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(34) 前記第1の副層が $\text{Co}_{100}-\text{Fe}_{100}$ から作られる、上記(27)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(35) 前記第2の副層が $\text{Ni}-\text{Fe}$ (パーマロイ)から作られる、上記(27)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(36) 前記第2の強磁性層の前記第2の飽和保磁力が 1500e よりも大きい、上記(27)に記載のディスク・ドライブ・システム。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術のSVセンサのエア・ベアリング面を一律の縮尺によらずに示した図である。

【図2】従来技術の磁気トンネル接合センサのエア・ベアリング面を一律の縮尺によらずに示した図である。

【図3】磁気記録ディスク・ドライブ・システムの簡略図である。

【図4】本発明に基づくMTJセンサの実施形態のエア・ベアリング面を一律の縮尺によらずに示した図である。

【符号の説明】

100 スピン・バルブ(SV)センサ

102 中央領域

104 端領域

106 端領域

110 フリー層

115 スペーサ層

120 ピン層

125 反強磁性(AFM)層

130 硬質バイアス層

135 硬質バイアス層

140 リード

50 145 リード

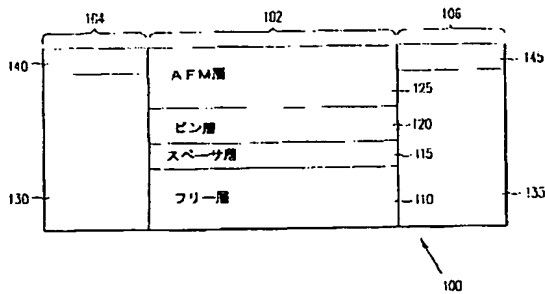
17

200 磁気トンネル接合 (MTJ) センサ
 202 第2の電極
 204 第1の電極
 205 キャップ層
 210 フリー層 (強磁性フリー層)
 215 トンネル障壁層
 220 ピン層 (強磁性ピン層)
 230 反強磁性 (AFM) 層
 240 シード層
 260 第1のリード
 265 第2のリード
 270 電流源
 280 信号検出器
 300 ディスク・ドライブ
 312 磁気ディスク
 313 スライダ
 314 スピンドル
 315 サスペンション
 318 ドライブ・モータ
 319 アクチュエータ・アーム
 321 磁気読取り/書き込みヘッド
 325 データ記録チャネル
 327 アクチュエータ

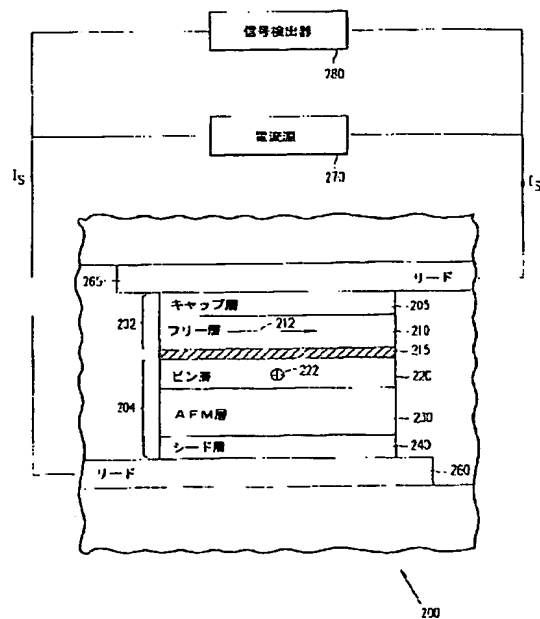
* 329 制御装置
 400 MTJ センサ
 402 第2の電極
 404 第1の電極
 405 キャップ層
 410 フリー層
 412 第1の副層
 414 第2の副層
 415 トンネル障壁層
 10 420 積層逆平行 (AP) ピン層
 422 第2のインタフェース層
 424 逆平行結合 (APC) 層
 426 第1のインタフェース層
 428 第1の強磁性層
 430 第2の強磁性層
 440 シード層
 450 基板
 460 リード層
 465 リード層
 20 470 電流源
 480 信号検出器
 490 絶縁層

*

【図1】



【図2】



【图 4】

